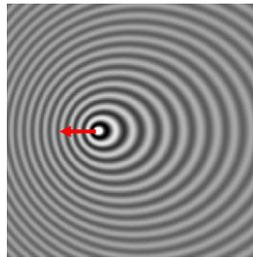


1.1 SONOGRAPHIE

Der Doppler-Effekt (Ch. DOPPLER 1803 - 1853)

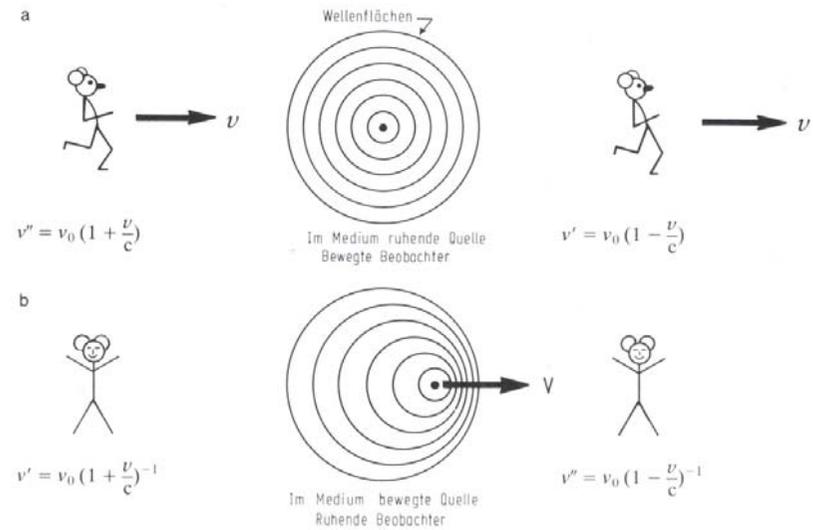
Das Phänomen, dass der sich bewegende Beobachter eine andere Frequenz registriert als der ruhende Beobachter, bezeichnen wir als Doppler-Effekt.

Änderungen treten ebenso auf, wenn der Beobachter ruht und die Quelle sich bewegt.



1

Der Doppler-Effekt



2

Der Doppler-Effekt

1. Bewegter Empfänger, ruhender Sender:

$$f = \frac{c \pm v_E}{\lambda} = f_0 \cdot \frac{c \pm v_E}{c} = f_0 \cdot \left(1 \pm \frac{v_E}{c}\right)$$

f wahrgenommene Frequenz
 f_0 Frequenz des Sendesignals
 v_E Geschwindigkeit der Bewegung des Empfängers
 c Schallgeschwindigkeit
 $+$ beim Annähern
 $-$ beim Entfernen

3

Der Doppler-Effekt

2. Bewegter Sender, ruhender Empfänger:

$$f = \frac{c}{\lambda_B} = \frac{\lambda \cdot f_0}{\lambda \mp \frac{v_S}{f_0}} = \frac{\lambda \cdot f_0}{\lambda \mp \lambda \frac{v_S}{c}} = \frac{f_0}{\left(1 \mp \frac{v_S}{c}\right)}$$

f wahrgenommene Frequenz
 f_0 Frequenz des Sendesignals
 v_S Geschwindigkeit der Bewegung des Senders
 c Schallgeschwindigkeit
 $-$ beim Annähern
 $+$ beim Entfernen

4

Der Doppler-Effekt

wenn: $v \ll c$ v Geschwindigkeit der Bewegung
 c Schallgeschwindigkeit

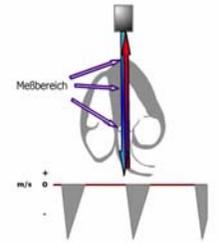
$$f = f_0 \cdot \left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$

$$f - f_0 = \pm f_0 \cdot \frac{v}{c}$$

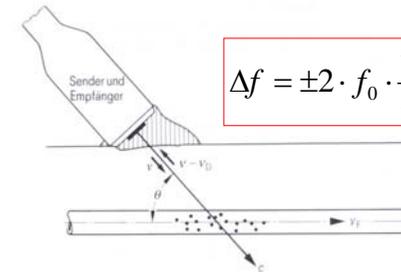
$$\Delta f = f_D = \pm f_0 \cdot \frac{v}{c}$$

5

Doppler-Sonographie (CW - Continuous Wave)



- Blutströmungsgeschwindigkeit in Arterien, in Venen
- fetale Herzschläge und fetaler Blutfluss



$$\Delta f = \pm 2 \cdot f_0 \cdot \frac{v}{c} \cdot \cos \Theta$$

zB. $f = 8 \text{ MHz}$
 $v = 12 \text{ cm/s}$
 $c = 1600 \text{ m/s}$
 $\Theta = 34^\circ < 40^\circ$
 $\Rightarrow f_D = 1 \text{ kHz}$
 (Schwebung)

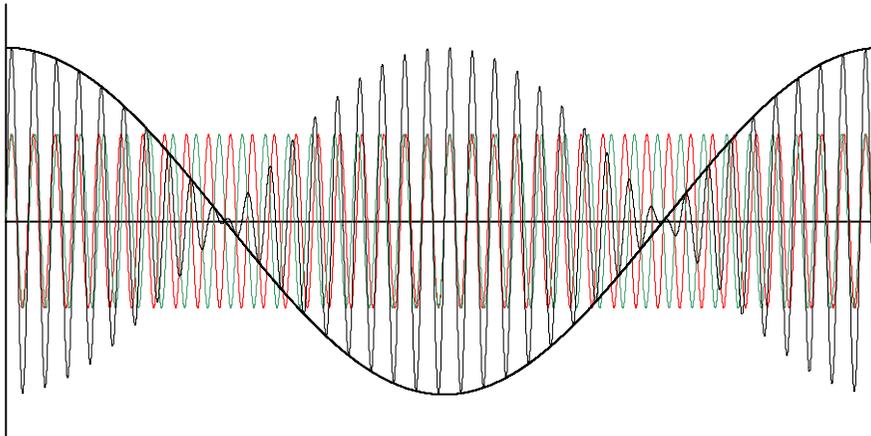
Ultraschall-Doppler-Effekt zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten

6

Schwebung

$$f_{\text{rot}} \geq f_{\text{grün}}$$

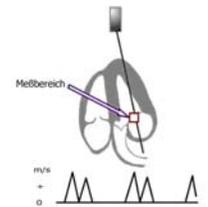
Die Frequenz der Schwebung ist gleich der Differenz der Frequenzen von interferierenden Wellen



<http://www.walter-fendt.de/ph14d/schwebung.htm>

7

Doppler-Sonographie (PW - Puls Wave)



- Information nur aus einem *kleinen vorgebbaren Bereich* (Puls-Doppler-Verfahren)
- Entdeckung und Beurteilung angeborener und pathologischer Herz- und Herzklappenfehler
- Beurteilung von Gefäßverengungen (Stenosen) und deren Schweregrad
- Direkte Bestimmung des Volumenflusses im Gefäß

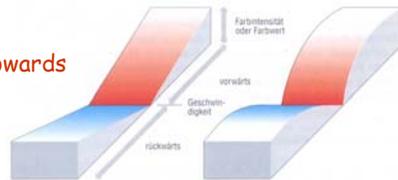
8

Farb-Doppler Verfahren

Information wird aus einem *grossen Ausschnitt* erhalten.

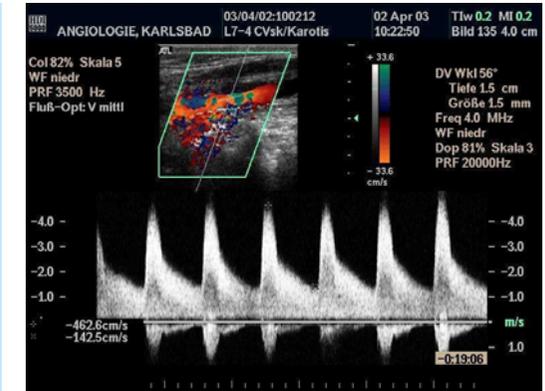
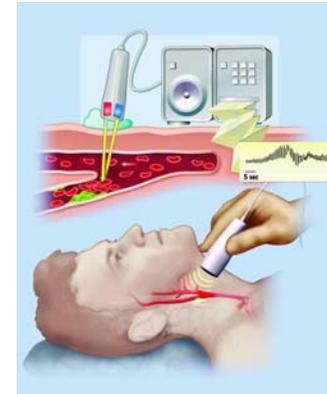
Die *Flussgeschwindigkeiten* werden als **Farbton** dem **gesamten B-Bild** überlagert.

BART: Blue Away Red Towards



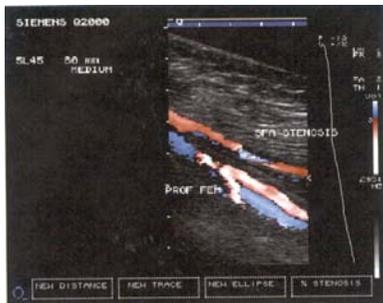
Ergebnis: die *räumliche Verteilung* der mittleren Geschwindigkeit und seiner Richtung im durchströmten Gefäß.

9

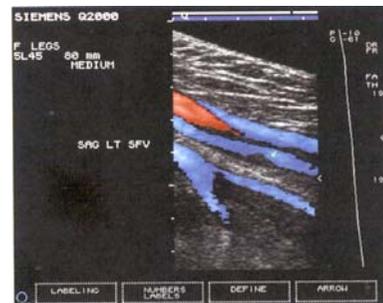


10

Farb-Doppler Verfahren

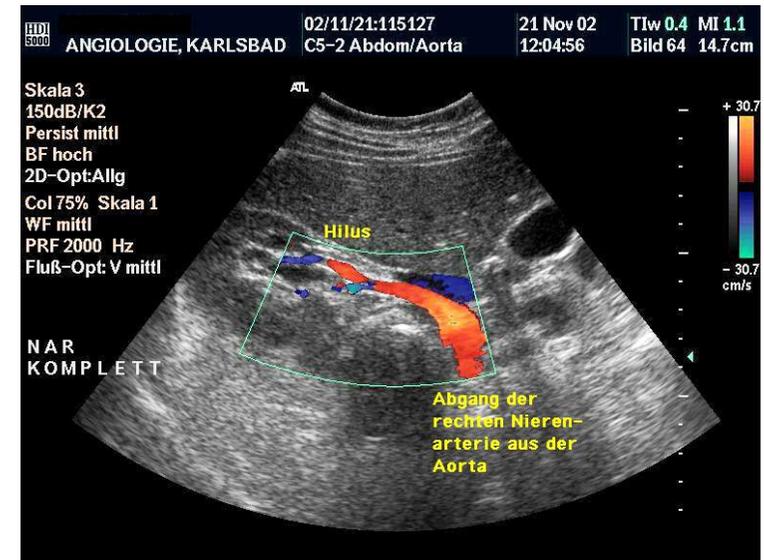


Stenose der A. femoralis superficialis und Wandveränderung der A. femoralis profunda vor der Bifurkation



Stenose der V. femoralis superficialis (blau) mit Abschnitt der A. femoralis superficialis (rot) und der V. superficialis profunda

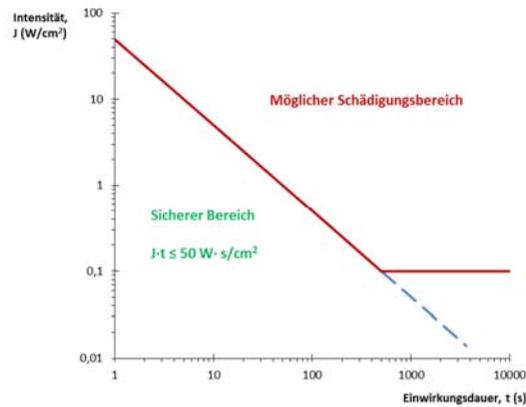
11



Komplette duplexsonographische Darstellung einer rechten Nierenarterie

12

SICHERHEITASPEKTE



Schädigungsgrenze für diagnostisch angewendeten Ultraschall nach W.L. Nyborg

13

2. THERAPIE

Die **Ultraschalltherapie** beruht auf der Wärme- und mechanischen (Mikromassage-) Wirkung des Ultraschalls.

- ✓ Kleinere Intensität: Mikromassage
- ✓ Größere Intensität: Zerstört Gewebe, Moleküle; (entstehen freie Radikale, DNA-Brechungen)
 - ✓ Kavitation (Entstehung von Hohlräumen bzw. Gasbläschen)

14

2. THERAPIE

Ultraschalltherapie: Thumorthherapie (Hyperthermie)
physikalischen Therapie (z.B. Tennis-Ellbogen)
Zahnsteinentfernung

Übliche Werte:

Betriebsfrequenz: 800 kHz,

Maximalintensität: einige W/cm².

Ultraphonophorese-Therapie - eine Behandlung, wobei **Medikamente** mit Hilfe der Ultraschallenergie (dem Schalldruck) in den Körper gebracht werden

15